RESEAU DES DOYENS DES FACULTES DES SCIENCES

Filière Licence d'Etudes Fondamentales Sciences de la Terre et de l'Univers STU 2014

Adoptée par le réseau des doyens des Facultés des Sciences à Marrakech, le 16 novembre 2013

Décembre 2013

Architecture

Architecture finale de la filière STU

S1 SVT	**M1** Biologie Cellulaire	**M2** Embryologie-Histologie	**M3** Géologie générale	**M4** Mathématiques	**M5** Physique I : Optique – Physique Nucléaire - Thermodynamique	**M6** Chimie Générale	**M7** Langue et Terminologie I
S2 SVT	**M8** Biologie des organismes animaux	**M9** Biologie des organismes végétaux	**M10** Géodynamique externe	**M11** Géodynamique interne	**M12** Physique II: Mécanique - Electricité	**M13** Chimie II: Chimie Organique	**M14** Langue et Terminologie II
S3 STU	**M15** Tectonique analytique	**M16** Tectonique globale	**M17** Pétrologie magmatique	**M18** Pétrologie métamorphique	**M19** Physique appliquée aux Sciences de la Terre	**M20** Statistiques	
S4 STU	**M21** Pétrographie sédimentaire	**M22** Sédimentologie	**M23** Paléontologie	**M24** Stratigraphie	**M25** Géoinformatique	**M26** Chimie appliquée aux Sciences de la Terre	
S5 STU	**M27** Géologie du Maroc I	**M28** Géologie du Maroc II	**M29** Métallogénie	**M30** Hydrogéologie	**M31** Géophysique	**M32** Géochimie	
S6 STU	**M33** Module Optionnel 1	**M34** Module Optionnel 2	**M35** Module Optionnel 3	**M36** Module Optionnel 4	**M37** PT1	**M38** PT2	

Semestre 1

M1 : Biologie cellulaire (Cours : 30h, TD : 7,5h, TP : 10h)

Objectifs du module :
Fournir à l'étudiant les enseignements essentiels sur l'organisation générale de la cellule, qui sont des pré-requis pour les enseignements des modules de Biologie de SVT2, SV3 et SV4.

Contenu du module :
Cours (30h) :
- **Introduction à la biologie cellulaire :** 1 - Théorie cellulaire. 2 - Cellules procaryotes (organisation générale d'une bactérie ; organisation d'une cellule procaryote autotrophe). 3 - Cellules eucaryotes (organisation de la cellule animale ; organisation de la cellule végétale ; exemple d'une cellule eucaryote unicellulaire).
- **Chapitre I : Composition Chimique de la cellule :** 1 - Eau. 2 - Molécules organiques (protéines, glucides, lipides, acides nucléiques, …). 3 - Sels minéraux.
- **Chapitre II : Méthodes d'étude de la cellule :** 1 - Microscopes. 2 - Méthodes d'étude chimiques (chromatographie, électrophorèse). 3 - Méthodes d'étude physiques (autoradiographie, fluorescence). 4 - Culture des cellules. 5 - Technique de l'ADN recombinant.
- **Chapitre III : Membrane plasmique :** 1 - Définition et rôles majeurs. 2 - Composition chimique. 3 - Propriétés structurales de la membrane plasmique. 4 - Propriétés physiologiques de la membrane. 5 - Fonctions.
- **Chapitre IV : Cytosol :** 1 - Introduction. 2 - Composition chimique et principales structures. 3 - Rôles et activités physiologiques. 4 - Le Cytosquelette (microfilaments, microtubules, filaments intermédiaires). 5 - Les ribosomes.
- **Chapitre V : Système de conversion d'énergie :** 1 - Structure des Mitochondries. 2 - Activités métaboliques au niveau de la mitochondrie (cycle de Krebs et chaîne respiratoire). 3 - Structure et fonction du chloroplaste. 4 - Comparaison mitochondrie-chloroplaste.
- **Chapitre VI : Le système endomembranaire :** 1 - Réticulum endoplasmique. 2 - Appareil de Golgi. 3 - Les systèmes vésiculaires (endosomes, lysosomes, Peroxysomes).
- **Chapitre VII : Le noyau :** 1 - Structure et composition du noyau interphasique (chromatine, enveloppe nucléaire, structures associées, pores nucléaires). 2 - Expression de l'information génétique (synthèse protéique chez les procaryotes et eucaryotes). 3 - Mitose et cycle cellulaire. 4 - Méiose.

Travaux dirigés (7,5h) :
1. Méthodes d'étude de la cellule (complément de cours et exercices). Microscope photonique - microscopes électroniques à transmission et à balayage.
2. Méthodes d'étude de la cellule (complément de cours et exercices). Fractionnement cellulaire (centrifugations) - Cultures cellulaires.
3. Méthodes d'étude de la cellule (complément de cours et exercices). Techniques de marquage radioactif.
4. Transports membranaires (exercices).
5. Les organites énergétiques : mitochondries et chloroplastes (exercices).

Travaux pratiques : (10h)
1. Initiation à l'usage du microscope photonique : observation des cellules procaryotes, eucaryotes animales et eucaryotes végétales.
2. Etude de l'ultrastructure des organites cellulaires (Mitochondries, Chloroplaste, Reticulum endoplasmique, Appareil de golgi).
3. La perméabilité membranaire (phénomènes osmotiques et non osmotiques).
4. Le noyau interphasique et la division cellulaire (Mitose).

M2 : Embryologie - Histologie (Cours : 30h, TD : 6h, TP : 12h,)

Objectifs du module :

- Connaître les différents modes de reproduction chez les animaux ;
- Donner aux étudiants la possibilité d'acquérir des notions sur les principaux systèmes embryonnaires sur lesquels sont fondés les concepts de la biologie du développement ;
- Former les étudiants au fonctionnement des tissus et des organes ;

Le module insiste en particulier sur les quatre types de tissus primaires et démontre que la cellule est l'unité de base organisée et fonctionnelle de tout vivant.

Cours (30h) :

EMBRYOLOGIE.

1ère partie : Reproduction.

Chapitre I : Reproduction Asexuée.
Chapitre II : Reproduction sexuée.
Chapitre III : Gonadogenèse.
Chapitre IV : Gamétogenèse.
Chapitre V : Fécondation.

2ème Partie : Embryologie.

Chapitre I : La ségmentation.
Chapitre II : La gastrulation.
Chapitre III : L'Organogenèse.
Chapitre IV : L'embryogenèse chez l'oursin.

HISTOLOGIE.

I - Les tissus épithéliaux.
II - Les épithéliums pseudostratifiés.
III - Les tissus conjonctifs.
IV - Le tissu musculaire.
V - Le tissu nerveux.

Travaux dirigés (06h) :

EMBRYOLOGIE.

1 - Embryologie des Amphibiens et des Reptiles.
2 - Embryologie des Oiseaux et des Mammifères.

HISTOLOGIE.

1 - Techniques histologiques : coupes et colorations.
2 - Complément du cours.

Travaux pratiques : (12h)

EMBRYOLOGIE

1 - Gamétogenèse : spermatogenèse et ovogenèse chez les Vertébrés.
2 - Etude du développement embryonnaire à partir d'observations sur préparations histologiques. Exemples types chez les Invertébrés et les Vertébrés.

HISTOLOGIE.

1 - Les tissus épithéliaux et conjonctifs.
2 - Le sang ; le tissu musculaire ; le tissu nerveux.

M3 : Géologie générale (Cours : 21h, TD : 9h, TP : 18h)

Objectifs du module :

Donner aux étudiants des notions générales sur les sciences de La Terre, sur la place de la Terre dans l'Univers, sur la structure du globe terrestre et sur la notion de temps en géologie.
Il s'agit de fournir à l'étudiant les enseignements essentiels sur la géologie générale et les Sciences de La Terre, qui sont des pré-requis pour les enseignements des principaux modules de géologie de SVT2, STU3 et STU4.

Contenu du module :

Cours (21h) :

I - Introduction aux Sciences de La Terre (1,5h).
Définitions ; La Terre et ses ressources ; Aperçu sur les disciplines fondamentales et les disciplines appliquées des Sciences de La Terre.

II - Cadre cosmologique de La Terre et caractéristiques générales (4,5h).
- Aperçu sur l'Univers : Définitions des galaxies ; Etoiles ; Système solaire et place de La Terre dans ce système.
- Caractéristiques générales de La Terre : Forme ; Dimensions ; Masse et densité ; Rotation ; Révolution ; Gravitation ; Champ magnétique…

III - Notions de sismologie et structure interne de La Terre (4,5h).
- Les ondes sismiques : Définitions ; Origine ; Différents types ; Réflexion et réfraction.
- Propagation des ondes sismiques dans le globe terrestre et mise en évidence des discontinuités.
- Hétérogénéité de La Terre.

IV - Objets de datation en Sciences de La Terre (4,5h).
Géochronologie relative : A - La datation relative (Principes de superposition, de recoupement, d'inclusion et de continuité latérale). B - Méthodes paléontologiques (Fossiles caractéristiques ; Associations fossilifères).
Géométrie et relations entre les couches : Structure concordante ; Lacune ; Discordance.
Géochronologie absolue : Radiochronologie (Principe de la radiochronologie ; Détermination de l'âge ; Méthodes de mesure).

V - Aperçu sur l'Histoire géologique de La Terre (4,5h).
- L'éon cryptozoïque ou Précambrien (L'Hadéen ; L'Archéen ; Le Protérozoïque).
- L'éon phanérozoïque (L'ère Primaire ; L'ère Secondaire ; L'ère Cénozoïque).

Travaux dirigés (9h) :

- **1ère séance**: Structure interne du globe, sismologie et exercices de calcul de la vitesse des ondes sismiques..
- **2ème séance**: Exercices de chronologie relative sur documents.
- **3ème séance**: Exercices de chronologie absolue.
- **4ème à 6ème séance**: Les fossiles marqueurs des différentes ères géologiques et illustration de l'histoire géologique de La Terre..

Travaux pratiques : (18h)

- 1ère et 2ème séance: Etude de cartes topographiques : Profils topographiques.
- 3ème à 5ème séance: Etude de cartes géologiques : Coupes géologiques.
- 3ème séance: Evaluation.

M4 : Mathématiques (Cours : 24h, TD : 24h)

Pré-requis: Néant

Objectifs du module:

Donner à l'étudiant les fondements mathématiques de base pour aborder les problèmes en physiques, en sciences de la vie et en sciences de la terre.

Contenu du module :

Cours (24h : 1h30/Séance) :

Chapitre I : Rappels. 1 - Point et vecteur. 2 - Droite et plan.

Chapitre II : Calcul matriciel. 1 - Définition d'une matrice. 2 - Opérations algébriques sur les matrices. 3 - Matrice inversible.

Chapitre III : Déterminant d'une matrice carrée. 1 - Définition et calcul d'un déterminant. 2 - Caractérisation d'une matrice inversible.

Chapitre IV : Résolution des systèmes linéaires. 1 - Système de m équations à n inconnues. 2 - Nature d'un système et systèmes équivalents. 3 - Résolution par la méthode de Gauss. 4 - Résolution d'un système de Cramer.

Chapitre V : Suites réelles. 1 - Définition générale. 2 - Convergence d'une suite. 3 - Suites particulières.

Chapitre VI : Limites et continuité d'une fonction. 1 - Limite d'une fonction quand x tend vers une valeur (finie ou infinie). 2 - Opérations sur les limites. 3 - Continuité en un point. 4 - Prolongement par continuité. 5 - Fonctions continues sur un intervalle [a b]. 6 - Fonctions trigonométriques inverses.

Chapitre VII : Dérivée d'une fonction. 1 - Dérivée en un point. 2 - Opérations sur les fonctions dérivables. 3 - Dérivée d'une fonction réciproque. 4 - Théorème de Rolle et théorème des accroissements finis. 5 - Règles de l'Hospital.

Chapitre VIII : Intégrale simple. 1 - Intégrale définie. 2 - Primitive d'une fonction (intégrale indéfinie). 3 - Méthodes d'intégration.

Chapitre IX : Equations différentielles. 1 - Généralités sur les équations différentielles. 2 - Equation différentielle du premier ordre. 3 - Equation différentielle du second ordre à coefficients constants.

Travaux dirigés (24h: 1h30/séance)

Exercices d'application

M5 : Physique I (Cours : 30h, TD : 09, TP : 09h)

Objectifs du module :

Cours (30h) :

Optique géométrique.

- Lois fondamentales de l'optique géométrique.
- Applications des lois de Snell-Descartes à des surfaces planes.
- Applications des lois de Snell-Descartes à des surfaces sphériques.
- Etudes des lentilles minces.
- Etudes des instruments optiques. A - L'œil humain. B - La Loupe. C - Le microscope.

Eléments de physique nucléaire.

I. Introduction à la physique de l'atome. La matière : constituants et structure de l'atome, atomes radioactifs, instabilités nucléaires a, b, g, forces mises en jeu dans un atome. L'énergie : principe d'Einstein, interprétation du défaut de masse nucléaire, énergie de liaison par nucléon, évaluation de la masse d'un atome, condition pour qu'un noyau soit radioactif, chaleur d'une réaction nucléaire et énergie nucléaire, longueur d'onde associée à un corpuscule en mouvement, dualité onde corpuscule.
II. Étude des substances radioactives. Loi de décroissance des radionucléides précurseurs, activité d'une substance radioactive, activité spécifique d'une substance radioactive, période d'un radionucléide. Loi de l'évolution d'une filiation radioactive à trois corps.
III. Interaction des photons avec la matière. Nature des rayonnements, constituants de la matière mis en jeu, effet photoélectrique, excitation, diffusion Compton, création de paire, réorganisation du cortège électronique suite à l'existence d'une lacune, réaction photonucléaire, atténuation des photons dans la matière, coefficient d'atténuation, épaisseur de demi atténuation, détermination de la concentration d'une substance en solution à l'aide d'une mesure de densité optique. Notions de radioprotection. Quelques applications de l'utilisation des radioisotopes.

Thermodynamique.

I. Eléments de thermodynamique. Définitions, transformations, intérêts. Notions de température et de chaleur. Gaz parfait et gaz réel.
II. Premier principe de la thermodynamique et applications. Enoncé. Applications.
III. Deuxième principe de la thermodynamique. Notion d'entropie. Applications.
IV. Mélange de gaz.
V. Pression de vapeur saturante.
VI. Propriétés thermiques de la matière. Chaleur spécifique. Changement d'état. Transfert de chaleur (conduction, convection, rayonnement).
VII. Notions de thermodynamique statistique.

Travaux dirigés (09h) :

Exercices d'application

Travaux pratiques : (09h)

- Etude de lentilles minces.
- Etude du microscope.

M6 : Chimie Générale (Cours : 21h, TP : 15h, TD : 12)

Objectifs du module :
Destiné aux étudiants des filières STU-SV, ce cours constitue un outil de base indispensable à la compréhension des phénomènes chimiques de milieux réactionnels en vue de poursuivre les études dans les domaines de la biologie, de la biochimie, de la santé, de l'environnement et des Sciences de La Terre.

Cours (21h) :

Partie I : Atomistique et liaison chimique

- Grandeurs et unités en chimie (masse, mole, densité, ……)
- Atomes, isotopes.
- Configuration électronique des atomes poly-électroniques.
- Classification périodique.
- Schéma de Lewis, VSEPR et l'hybridation des atomes C, O et N.

Partie II : Thermochimie et équilibres chimiques

- Premier principe de la thermodynamique (les fonctions DU et DH)
- Second principe et équilibres chimiques (les fonctions DS et DG)

Partie III : Chimie en solution

- La solubilité et le produit de solubilité.
- Equilibres acido-basiques.
- Les réactions d'oxydoréduction

Partie IV : Cinétique chimique

- L'ordre d'une réaction chimique (ordre 0, 1 et 2).
- La loi d'Arrhenius.

Travaux dirigés (12h) :
Exercices d'application

Travaux pratiques : (15h)
Quatre manipulations à choisir dans la liste proposée suivante : (4 séances + 1 séance d'évaluation)

- Initiation aux dosages volumétriques.
- Acidimétrie ; pH-métrie.
- Manganimétrie.
- Calorimétrie.
- Etude de réaction de précipitation.
- Cinétique de la réaction d'oxydation de KI par $K_2S_2O_8$.

M7: Langue et Terminologie I

Contenu en phase d'élaboration par la sous commission langue de la commission MT issue de la CPU

Semestre 2

M8 : Biologie des organismes Animaux (Cours : 30h, TP : 12h, TD : 6h)

Objectifs du module :

- Faire acquérir à l'étudiant les connaissances scientifiques indispensables en biologie des Invertébrés et Vertébrés, tout en se familiarisant avec la diversité morphologique et anatomique des grands groupes du monde animal ;
- Faire acquérir à l'étudiant les principales notions et principaux concepts de base de la zoologie ;
- Sensibiliser l'étudiant aux multiples intérêts que suscite l'étude des animaux ;
- Préparer l'étudiant à poursuivre les formations ultérieures plus spécialisées dans le domaine de la zoologie.

Contenu du module :

Cours (30h) :

Chapitre I : Règne des Protistes. Sous-règne des Protozoaires (phylums : SARCOMASTGOPHORA, APICOMPLEXA et CILIOSPORA).

Chapitre II : Règne Animal. Présentation du règne animal : Classification animale et arbre généalogique, évolution du mésoderme et principaux caractères distinctifs au sein du règne animal.

Chapitre III : Notions fondamentales sur les principaux groupes des Invertébrés. 1 - Les Spongiaires et les Cnidaires. 2 - Les Plathelminthes et les Némathelminthes. 3 - Les Annélides. 4 - Les Mollusques (Céphalopodes, Gastéropodes, Bivalves). 5 - Les Arthropodes (Crustacés, Insectes, Arachnides). 6 - Les Echinodermes.

Chapitre IV : Notions fondamentales sur les Vertébrés. 1 - Position et caractères des Vertébrés (Deutérostomiens, Chordés, Crâniates). 2 - Les animaux à nageoires rayonnée (étude des écailles et scalimétrie, respiration branchiale, poissons cartilagineux, poissons osseux…). 3 - Les Tétrapodes Amphibiens (étude du tégument amphibie, respiration cutanée,…). 4 - Les caractères des Amniotes (poikilothermie/homéothermie, modes de déplacement, toit dermique (anapside, diapside, synapside). 5 - Les Oiseaux (formation de la plume, respiration tubulaire, adaptations au vol). 6 - Les Mammifères (formation du poil, formation des mamelles, ostéocrâne et articulation de la mandibule).

Chapitre V : Introduction à l'Anatomie Comparée. Le tégument, le squelette (céphalique et axial), le système nerveux, l'appareil circulatoire, l'appareil respiratoire et l'appareil digestif.

Travaux dirigés (6h) :

1. Le parasitisme chez les Protozoaires (définitions, types, principales maladies parasitaires).
2. Le parasitisme chez les Helminthes.
3. Comparaison sous forme de tableau de l'évolution des fonctions (respiratoire, nerveuse, excrétrice, digestive et sexuelle) chez les Invertébrés (Spongiaires → Arthropodes).
4. Adaptations du squelette des Vertébrés à la marche, à la course, au saut, au vol et à la nage.

Travaux pratiques (12h):

1. Etude d'une espèce des : Protozoaires, Cnidaires, Plathelminthes et Némathelminthes.
2. Les Arthropodes : morphologie de la crevette – dissection des appendices.
3. Anatomie comparée de l'appareil circulatoire et/ou digestif : chez 3 espèces de Vertébrés (Poisson, poussin, …).
4. Anatomie comparée des encéphales de Vertébrés.

M9 : Biologie des organismes Végétaux (Cours : 27h, TP : 15h, TD : 6h)

Objectifs du module :

- Faire acquérir à l'étudiant les connaissances scientifiques indispensables sur la diversité morphologique et anatomique des grands groupes du monde végétal ;
- Faire acquérir à l'étudiant les principales notions et principaux concepts de base de la Botanique ;
- Sensibiliser l'étudiant aux multiples intérêts que suscite l'étude des végétaux ;
- Préparer l'étudiant à poursuivre les formations ultérieures plus spécialisées dans le domaine de la Botanique et de la biologie en général.

Contenu du module :

Cours (27h) :

Chapitre I : Introduction à la botanique.
1 - Généralités sur la botanique.
2 - Définition du végétal.
3 - Intérêts des végétaux.
4 - Classification traditionnelle et récente du règne végétal.
5 - Cycle de développement des cormophytes.
6 - Les types biologiques et types de stratification.

Chapitre II : Biologie des cyanobactéries et des thallophytes.
1 - Généralités.
2 - Algues bleues-vertes (Cyanobactéries).
3 - Thallophytes : Algues eucaryotes (phycophytes) ; Lichens.
4 - Champignons (mycophytes).
5 - Mode de vie des thallophytes.

Chapitre III : Biologie des cormophytes.
1 - Morphologie de l'Appareil végétatif des cormophytes vasculaires.
2 - Anatomie de l'Appareil végétatif des cormophytes vasculaires (racine, tige, feuille).
3 - Reproduction des cormophytes (sexuée et multiplication végétative).

Travaux dirigés (6h) :

1. Histologie des cormophytes.
2. Multiplication végétative chez les cormophytes.
3. Thallophytes.
4. Organisation et morphologie de la fleur.

Travaux pratiques (15h):

1. Appareil végétatif des plantes cormophytes.
2. Structure anatomique de l'appareil végétatif des phanérogames 1.
3. Structure anatomique de l'appareil végétatif des phanérogames 2.
4. Structures végétative et reproductrice chez les thallophytes.
5. Appareil reproducteur des spermaphytes.

M10 : Géodynamique externe (Cours : 21h, TD : 12h, TP : 15h)

Objectifs du module :

L'enseignement de géodynamique externe a pour objectif principal de donner aux étudiant, à travers des cours magistraux, des travaux dirigés et pratiques, les outils qui leurs permettront de comprendre les événements géologiques majeurs aussi bien à la surface de la terre que dans l'atmosphère.

Contenu du module :

Cours (21h) :

I. Rappel des notions de topographie : altitude ; latitude ; les coordonnées d'un point ; nivellement ; reliefs ; différents types de formes du relief à la surface de La Terre...

II. Notions de climatologie : définition ; structure de l'atmosphère et paramètres climatiques (rayonnement solaire, température de l'air, précipitations, évaporation, humidité de l'air, pression de l'air, le vent...).

III. Cycle de l'eau et ses composantes et notions d'hydrologie (diagramme de phases de l'eau, basin versant, bilan hydrologique).

IV. Cycle des roches sédimentaires : définition ; composantes (Altération, Erosion, Transport, Processus de sédimentation, Diagenèse) ; milieux de sédimentation (continental, mixte, marin) ; classification et intérêt de la géologie des roches sédimentaires.

V. Notions d'hydrogéologie : Les eaux souterraines (aquifères et nappes, approvisionnement en eau, types d'eau dans les aquifères, caractéristiques hydrogéologiques du complexe eau/réservoir). Les eaux dans les roches karstiques (définition, processus de formation du karst, morphologie karstique, facteurs influençant la karstification, aquifère karstique). Hydrothermalisme continental (définitions, fonctionnement du système, quelques manifestations de l'hydrothermalisme terrestre, dépôts formés par les eaux hydrothermales).

Travaux dirigés (12h) :

- Exercices de calcul des paramètres climatiques
- Exercices sur la détermination de coordonnées
- Exercice de mesure et de calcule de la distance horizontale, la différence de niveau, et la distance oblique de deux points.
- Exercices de traçage d'une courbe hypsométrique
- Exercices sur le cycle des roches sédimentaire

Travaux pratiques : (15h)

Reconnaissance et détermination macroscopique des roches sédimentaires :

- Détritiques. (2 séances).
- Physico-chimiques, biochimiques et organogéniques. (2 séances).
- Evaluation (1 séance).

M11 : Géodynamique interne (Cours : 24h, TD : 6h, TP : 18h)

Objectifs du module :

L'objectif de ce module est d'offrir aux étudiants les connaissances de base sur les facteurs géologiques intervenant dans les processus de la géodynamique interne du globe terrestre et leurs montrer les liens entre la dynamique et les principaux phénomènes géologiques du globe.

Contenu du module :

Cours (24h) :

- La dérive des continents : théorie de Wegner ;
- Introduction à la tectonique des plaques (plaques lithosphériques, nature, limites et mouvements) ;
- Les volcans : définitions, différents types de volcans, le volcanisme des dorsales océaniques; le volcanisme des zones de subduction, le volcanisme des points chauds.
- Le magmatisme : notion de magmas, plutonisme, volcanisme ;
- Les séismes ;
- Le métamorphisme : définition et facteurs du métamorphisme, différents types de métamorphisme.

Travaux dirigés (6h) :

- Travaux dirigés : Illustration et compréhension des événements géologiques traités au cours.

Travaux pratiques (18h):

- Détermination macroscopique des minéraux (2 séances)
- Détermination des roches magmatiques (2séances)
- métamorphiques (1séance)
- Evaluation (1 séance)

M12 : Physique II (Cours : 27h, TP : 12h, TD : 09h)

Objectifs du module :

Contenu du module :

Cours (27h) :

Mécanique.

I. Cinématique. Vecteurs position, vitesse et accélération. Représentations paramétriques d'un mouvement. Eudes de quelques mouvements (rectiligne, circulaire, sinusoïdal).
II. Dynamique. Principe fondamental de la dynamique. Notion de masse. Force d'attraction universelle. Force centrifuge et centrifugation. Mouvement de La Lune autour de La Terre.
III. Travail, énergie et puissance.
IV. Statique.

Mécanique des fluides.

I. Notions générales. Fluides, pression, masse volumique, écoulement. Poussée d'Archimède, théorème de Pascal.
II. Relation de continuité.
III. Théorème de Bernoulli et applications. (manomètre, rôle de la gravitation dans la circulation sanguine, tube de Venturi…).
IV. Fluides visqueux. Observations expérimentales, viscosité, loi de stockes. Nombre de Reynolds. Loi de Poiseuille. Résistance à l'écoulement.
V. Tension des vaisseaux, tension superficielle, loi de Laplace et applications.

Electricité.

I. Forces électrostatiques, champs et potentiels. Forces électriques, champ électrique, potentiel électrique. Surfaces équipotentielles. Dipôle électrique et forces de Van Der Waals. Oscilloscope. Electrocardiographie. Capacité et effet des diélectriques. Energie emmagasinée dans un condensateur.
II. Courants continus. Courant électrique. Résistance. Sources d'énergie dans les circuits électriques. Puissance dans les circuits électriques. Résistances en série et en parallèle, les règles de Kirchhoff. Voltmètres et ampèremètres. Circuits résistance et condensateur. Sécurité électrique.
III. Magnétisme. Champ magnétique. Force magnétique sur une charge en mouvement. Force magnétique sur un fil parcouru par un courant. Champ magnétique produit par des courants. Forces entre deux fils parallèles parcourus par un courant. Application à la spectroscopie de masse.

Travaux dirigés (09h) :

Exercices d'application.

Travaux pratiques (12h):

- Pendule simple et oscillateur harmonique.
- Etude des théorèmes généraux.
- Oscilloscope.
- Mesure des résistances.

M13: Chimie organique (Cours : 21h, TD : 12h, TP : 15h)

Objectifs du module :

Destiné aux étudiants des filières STU-SV, cet enseignement constitue un outil de base indispensable à la compréhension des phénomènes chimiques en vue de poursuivre les études dans les domaines de la biologie, de la biochimie, de la santé, de l'environnement et des Sciences de La Terre.

Contenu du module :

I. Introduction générale.
II. Nomenclature.
III. Isomérie et Stéréoisomérie.
IV. Effets électroniques.
V. Mécanismes réactionnels.
VI. Hydrocarbures aliphatiques (Alcanes ; Alcènes ; Alcynes).
VII. Hydrocarbures cycliques.
VIII. Dérivés Halogénés.
IX. Alcools et phénols.
X. Amines.
XI. Aldéhydes et cétones.
XII. Acides carboxyliques et leurs dérivés.
XIII. Composés hétérocycliques.

Travaux dirigés (12h) :

Exercices d'application.

Travaux pratiques (15h):

I. Modèles moléculaires
II. Synthèse d'un médicament (l'aspirine)
III. Estérification (synthèse de l'acétate de butyle)
IV. Synthèse de l'acétoxime
V. Evaluation

M14: Langue et Terminologie II

Contenu en phase d'élaboration par la sous commission langue de la commission MT issue de la CPU

Semestre 3

M15 : Tectonique Analytique (Cours : 18h, TD : 06h, TP : 18h, AT: 06h)

Pré-requis : M1 : Géologie générale

Objectifs du module :

- Compléter en partie les prés requis de l'étudiant dans le domaine de la géologie, notamment en géodynamique.
- Permettre l'observation, la reconnaissance, la description, l'analyse et l'interprétation des structures tectoniques de l'échelle locale à l'échelle régionale.

Contenu du module :

Cours (18h) :

- Introduction à la mécanique des roches (forces, contrainte, déformation, diagrammes contrainte-déformation, facteurs influant le comportement des roches, mécanismes de la déformation).
- Tectonique cassante de l'échelle locale à l'échelle régionale (joints et diaclases, morphologie et caractéristiques générales d'une faille, cinématique et classification des failles, structures et microstructures associées aux failles, système et réseau de failles, les failles à l'échelle régionale, champ de contraintes liées aux failles.
- Tectonique ductile de l'échelle locale à l'échelle régionale. Les plis : morphologie, classification, mécanisme de plissement, structures et microstructures associées aux plis, schistosité et linéations, système de plis, les plis à l'échelle régionale, relation plis et champs de contraintes.
- Notion de niveaux structuraux.

Travaux dirigés (06h) :

- Géométrie des surfaces structurale (direction, pendage réel, pendage apparent, plongement et intersection de deux plans, pitch, épaisseur réelle, épaisseur apparente, profondeur)
- Exercices d'application sur cartes et diagrammes

Travaux pratiques (18h) :

1. Rappel sur la présentation de la carte géologique (comparaison avec la carte topographique, signification des couleurs et signes conventionnels, etc.)
2. Critères de reconnaissance des structures géologiques sur une carte, technique de réalisation d'une coupe géologique).
3. La structure tabulaire : Reconnaissance et coupe géologique,
4. La structure monoclinale : Reconnaissance et coupe géologique
5. Les structures faillées : Reconnaissance et coupe géologique
6. Les structures plissées : Reconnaissances et coupe géologique
7. La discordance angulaire ou nappe de charriage (selon cartes disponibles) : Reconnaissance et coupe géologique
8. Evaluation

Travaux de terrain (06h) :

- Sortie de reconnaissance et de mesures de structures plissées et/ou faillées.

M16 : Tectonique Globale (Cours : 18h, TP : 18h, TD : 6h, Terrain : 6h)

Pré-requis : M1 : Géologie générale

Objectifs du module :

- Compléter en partie les prés requis de l'étudiant dans le domaine de la géologie à l'échelle globale (notion de plaques lithosphériques, relation volcanisme-séismes,…).
- Comprendre la genèse de bassins et de chaînes de montagnes (cycle orogénique).
- Intégrer la géologie locale ou régionale dans son cadre géodynamique global.

***Volume horaire* : Cours : 18h, TP : 18h, TD : 6h, Sortie : 6h**

Contenu du module :

Cours (18h) :

- Rappels : la structure interne de la terre ;
- De la dérive des continents à la tectonique des plaques (plaques lithosphériques : nature, limites)
- Zones de divergence : Rifting, expansion océanique (dorsale médio-océanique et convection mantellique, points chauds), bassins sédimentaires, subsidence thermique et tectonique.
- Zones transformantes ;
- Zones de convergence : subductions, obduction, collision, chaîne de montagnes et bassins associés à la convergence, Exemples d'orogènes anciens et récents

Travaux dirigés (6h) :

- Illustration et compréhension des événements géologiques traités en cours (cartes et bloc diagrammes)
- Exercices sur la cinématique des plaques (translation et rotation)

Travaux pratiques : (18h)

- 4 séances : Projection stéréographique des éléments structuraux (Canevas de Wulff) ;
- 2 séances : Photo-interprétation.
- 1 séance : évaluation

Sortie (6h) :
Initiation à la cartographie : Intégrer la géologie régionale dans son cadre géodynamique global

M17 : Pétrologie magmatique (Cours: 18h, TD: 06h, TP: 18h, AT: 06h)

Pré-requis: **M1**: Géologie générale, M8: géodynamique interne

Objectifs du module :

- Comprendre les mécanismes majeurs qui contrôlent la formation et la mise en place des roches magmatiques
- Apprendre quelques méthodes de calcul géochimique
- Identification des minéraux par l'utilisation du microscope polarisant

Contenu :

Cours (18h)

- ***Minéralogie***

- De l'atome au minéral
- Eléments de cristallographie : maille élémentaire, éléments de symétrie, notations cristallographiques
- Propriété de l'état cristallin : polymorphisme, isomorphisme
- Cristallochimie : liaison ionique, liaison covalente, liaison métallique
- Stabilité des assemblages ioniques : compacité, polyèdre de coordination, règles de substitution
- Principales familles de minéraux silicatés: les nésosilicates, les sorosilicates, les cyclosilicates, les inosilicates, les phyllosilicates, les tectosilicates

- ***Les roches magmatiques***

- Notion du magma primaire
- Propriétés physico-chimiques des magmas (température, pression fluide, viscosité, densité, composition…)
- Mode de gisement et texture des roches magmatiques (roches plutoniques, roches volcaniques et roches filoniennes)
- Classification et nomenclature des roches magmatiques
- Différenciation magmatique par fusion partielle et cristallisation fractionnée: Application à la pétrogenèse des magmas basaltiques et granitiques
- Modalités de mise en place des roches magmatiques : intrusion, subsidence

Travaux dirigés (6h)

- Eléments de cristallographie: indexation de Miller, Détermination de la formule de symétrie
- Calcul de la formule structurale d'un minéral
- Calcul des proportions modales pondérales d'une roche magmatique à partir de sa composition chimico-minéralogique

Travaux pratiques (18h)

- Utilisation du microscope polarisant : notion de monoréfringence, biréfringence, isotropie, anisotropie et ellipsoïde des indices
- Détermination microscopique des minéraux
- Caractérisation microscopique des structures et textures des roches magmatiques: notion de cursus de cristallisation
- Analyse modale volumique et classification

Activité de terrain (6h)

M18 : Pétrographie métamorphique (Cours : 23h, TD : 4h, TP : 15h, AP : 6h)

Pré- requis : M1 : Géologie générale; M7 : Géodynamique interne; M8 : Géodynamique externe

Objectifs du module

- Identifier les structures et minéraux du métamorphisme
- Représentation graphique des trajectoires du métamorphisme

Contenu du module

Cours (23h)

- Notion de métamorphisme (définition et limites)
- Variétés de métamorphisme (métamorphisme régional/ métamorphisme de contact)
- Facteurs du métamorphisme (température, pression et composition du protolithe)
- Métamorphisme topochimique et métasomatose
- Transformations provoquées par le métamorphisme (i.e. transformations minéralogiques et texturales)
- Réactions métamorphiques
- Notions de séquence métamorphique et faciès métamorphiques
- Notions d'isograde et de zonéographie métamorphique
- Equilibres successifs dans les systèmes Métapelitiques: AFM, AFK, calcaro-dolomitique et argileux : ACF et autres)
- Types de métamorphisme (métamorphisme de HP, MP et BP) : Caractéristiques minéralogiques et contexte(s) géodynamique(s).

Travaux dirigés (4h)

- Géothermobarométrie : Calcul des variations P, T en fonction des compositions chimiques des phases
- Représentation graphique des assemblages minéralogiques métamorphiques: détermination des trajectoires de P,T

Travaux pratiques (15h)

- Détermination microscopique des minéraux de métamorphisme (2 séances)
- Principales textures métamorphiques (textures grano-, porphyro-, lépido- et némato-blastiques) (2 séances)
- Relation déformation-blastèse

Activités pratiques (06h)

- Journée de terrain.

M19 : Physique appliquée à la géologie (Cours : 24h, TD : 12h, TP : 12h)

Pré-requis : M4 : Physique 1 et M11: Physique 2

Objectifs du module :
L'objectif du module est de donner à l'étudiant quelques principes physiques qui sont à la base de plusieurs méthodes des Sciences de la Terre. Un complément de mathématique est nécessaire pour faciliter l'assimilation des différentes équations.

Contenu du module :
Cours (24h) :

1. Compléments de mathématiques : Fonctions de plusieurs variables, dérivées, intégrales, gradient, divergence, rotationnel, le Laplacien, etc.
2. Notions sur la théorie du magnétisme : Loi de Coulomb, champ magnétique, dipôle magnétique, moment magnétique d'un dipôle, potentiel magnétique, champ magnétique d'un dipôle, théorème de Poisson, induction magnétique, aimantation, susceptibilité magnétique …
3. Le champ de pesanteur : Les lois de Newton, force, accélération, potentiel, théorème de Gauss…, Mesures du champs gravifiques, densité des roches.
4. Le Champ magnétique : Origine du champ magnétique, composantes du champ total, différents types d'aimantation, susceptibilité magnétique des roches
5. Electricité : Potentiel et champ électrique, les lignes de courants, milieu homogène, milieu hétérogène … Différents types de conductibilités des roches et facteurs qui influencent sur la résistivité des formations géologiques. Propriétés diélectriques des roches
6. Notions sur la théorie de l'élasticité : Contrainte, déformation, loi de Hooke, constantes élastiques, équation d'onde, types d'ondes, Front d'ondes, loi de descartes, Principe d'Huygens.
7. Notion sur la Géothermie: Flux de chaleur, propagation de la chaleur, gradient géothermique et technique de mesures.
8. Notions sur le traitement du signal : Signaux, Séries et transformée de Fourier, convolution, déconvolution corrélation, auto-corrélation, échantillonnage, filtrages…
9. Mécanique des fluides : Notions de base en hydraulique, équations générales de la mécanique des fluides, équation de continuité…

Travaux dirigés (12h) :

- Exercices sur les fonctions de plusieurs variables, dérivées, intégrales, gradient, divergence, rotationnel, le Laplacien,
- Exercices sur le champ magnétique
- Exercices sur le champ de pesanteur
- Exercices sur la théorie de l'électricité
- Exercices sur la théorie de l'élasticité
- Exercices sur le gradient géothermique
- Exercices sur la mécanique des fluides

Travaux pratiques : (12h)

- Travaux pratiques sur la propagation du courant électrique
- Travaux pratiques sur le traitement du signal

M20 : Statistiques (Cours : 24h, TD : 24h)

Objectifs du module :

Destiné aux étudiants des filières STU-SV, cet enseignement constitue un outil de base indispensable à la compréhension des données et à leur interprétation.

Contenu du module :

Cours (24h)

Chapitre I : Introduction et motivation. 1 - Statistiques. 2 - Types de données.

Chapitre II : Représentation graphique d'une série de données. 1 - Diagramme circulaire pour les données qualitatives. 2 - Diagramme en bâtonnets pour les données quantitatives discrètes. 3 - Histogramme pour les données quantitatives continues.

Chapitre III : Paramètres associés à la distribution d'une série de données. 1 - Paramètres de position. 2 - Paramètres d'échelle.

Chapitre IV : Distribution d'une population. 1 - Fréquence et probabilité d'un événement. 2 - Propriétés d'une probabilité. 3 - Probabilité conditionnelle et indépendance d'événements.

Chapitre V : Notion de variable aléatoire. 1 - Expérience aléatoire, phénomène aléatoire et variable aléatoire. 2 - Distribution d'une variable aléatoire. 3 - Variables aléatoires classiques (binomiale, de Poisson, normale…). 4 - Espérance mathématique et variance d'une variable aléatoire.

Chapitre VI : Initiation à la théorie d'estimation et aux tests d'hypothèses. 1 - Echantillon et distribution d'échantillonnage. 2 - Estimation ponctuelle. 3 - Estimation par intervalle de confiance. 4 - Tests d'hypothèses.

Chapitre VII : Régression linéaire simple. 1 - Corrélation entre 2 séries de données. 2 - Modèle de régression linéaire simple. 3 - Prédiction.

Travaux dirigés (24h) :

Exercices d'application.

Semestre 4

M21: Petrographie sédimentaire (Cours : 18h, TD : 9h, TP : 18h, AT : 06h)

Pré-requis : M1 : Géologie générale, M7 : Géodynamique externe et M8 : Géodynamique interne

Objectifs du module :

- Se familiariser avec les classifications, les méthodes et les techniques utilisées en sédimentologie.
- connaitre les mécanismes qui concourent à la formation des roches sédimentaires.
- Etablir les relations entre roches sédimentaires et milieux de leur formation.

Contenu du module :

Cours : (18h)

- Notions élémentaires de la pétrologie sédimentaire et de la géodynamique externe
- Les roches sédimentaires meubles ou détritiques (description, classification et méthode d'étude)
- Les roches sédimentaires consolidées (pour chaque type de roche):
- Constituants
- Classifications
- Méthodes d'étude
- Mode de formation
- Expression palégéographique
- Diagenèse superficielle et profonde
- Modèles de genèse
- Place et importance des roches sédimentaires (étudiées) dans les géomatériaux.

Travaux Dirigés (7 séances x 1,5h = 10h30mn)

- Analyses et interprétations des roches meubles (2s)
- Méthodes physique de caractérisation des argiles (RX, ATD et ATP) (2s)
- Evolution et modèles diagénétiques des roches sédimentaires
- Expressions paléogéographiques des roches sédimentaires
- Modèles de formation des roches sédimentaires
- Exposés

Travaux Pratiques (6séances x 3h = 18h, dont évaluation) :

- Reconnaissance macroscopique des principaux types de roches sédimentaires (1s)
- Analyses microscopiques et classification des principaux types de roches sédimentaires (5s)
  - Roches (roches chimiques et biochimiques) (4s)
  - Roches silico-clastiques (1s)

Sortie de terrain : (06h)

Une sortie de terrain d'une journée permettra d'appliquer les méthodologies d'investigations acquises sur des séries sédimentaires anciennes et actuelles.

M22 : Sédimentologie (Cours : 18h, TD : 9h, TP : 15h, AT : 06)

Pré-requis : M1 : Géologie générale, M7 : Géodynamique externe et M8 : Géodynamique interne

Objectifs du module :

- Acquérir les bases de la sédimentologie et de leurs applications pratiques au laboratoire et sur le terrain.
- Apprendre les méthodes d'analyse sédimentaires ; levés des coupes sédimentaires, échantillonnage, découpage en unités sédimentaires, identification des discontinuités remarquables, mécanismes de formation des roches sédimentaires.
- Apprendre la démarche de définition des principaux milieux de dépôt et les séquences types associées.
- Reconnaitre les principaux modèles de dépôt.

Contenu du module :

Cours : 18h : (6 séances)

- Faciès et environnements sédimentaires : Environnements continentaux, environnements mixtes, environnements marins
- Facteurs de contrôle de la sédimentation : Facteurs internes, facteurs externes
- Typologie et dynamique des bassins sédimentaires.
- Bassins sédimentaires et substances utiles

Travaux Dirigés 9h : (6 séances x 1,5h)

- Démarche et méthodologie d'analyse appliquées à des coupes sédimentaires
- Détermination des séquences types et définition des milieux de dépôt
- Dynamique sédimentaire et facteurs de contrôle en contexte :
  - Continentale (fluviatile, glacier et éolien)
  - Mixte (estuarien et deltaïque)
  - Marin (plates formes silicoclastiques, plates formes carbonatées, talus et bassins profonds)
- Exposés

Travaux Pratiques 18h : (6séances x 3h dont évaluation)

- Structures et figures sédimentaires
- Analyses granulométrique
- Analyse morphométrique
- Analyse morphoscopique
- Calcimétrie

Activités de terrain : (06h)

Une sortie de terrain d'une journée permettra d'appliquer les méthodologies d'investigations acquises sur des séries sédimentaires anciennes et actuelles.

M23 : Paléontologie (Cours : 15h, TP : 27h, AT : 06h)

Pré-requis : M1 (Géologie générale), M7 (Géodynamique externe) et M9 (Biologie animale)

Objectifs du module :

- Apprendre la méthodologie de reconnaissance, de description et d'utilisation des fossiles,
- Reconnaissance des critères morphologiques systématiques,
- Reconnaître les principaux groupes paléontologiques et les grands traits de l'histoire de la vie.

Contenu du module :

Cours (15h : 1h30/Séance) :

- Généralités (définitions et historique de la Paléontologie)
- différents types de fossiles, intérêts (stratigraphique, paléoécologique, évolutif …) des fossiles ;
- Principaux groupes fossilifères à travers les temps géologiques (en évitant la redondance avec la Biostratigraphie du module M23)
- Radiations et crises biologiques (extinctions de masse)
- Taxinomie et Systématique
- Notions d'espèce et modalités de la spéciation
- Paléoécologie et Taphonomie

Travaux **pratiques (27h : 9 séances x 3h)**

- **1ère séance** : Introduction (Méthode d'étude, clefs de déterminations et reconnaissances des structures fossilisables , notions de biométrie).
- **2ème séance** : Trilobites, éventuellement Euryptéridés.
- **3ème séance** : Echinodermes
- **4ème séance** : Brachiopodes
- **5ème séances** : Lamellibranches**,** Ostracodes et Foraminifères
- **6ème séance** : Gastéropodes
- **7ème séance** : Céphalopodes
- **8ème séance**: Organismes constructeurs, formation récifales et étude d'exemples de formes solitaires-formes coloniales (Cnidaires)
- **9ème séance :** Végétaux.

Activité de terrain (06h) :

- Apprendre les méthodologies d'investigations paléontologiques sur le terrain
- Indentification, collecte et marquage des macrofossiles
- Echantillonnage dans des sédiments meubles (pour tamisage-lavage)
- Echantillonnage dans des sédiments indurés à microfossile

M24 : Stratigraphie (Cours : 30h, TD : 12h, AT : 6h)

Pré-requis : M1 (Géologie générale) et M7 (Géodynamique externe)

Objectifs du module :

- Offrir les connaissances de base sur la Stratigraphie.
- Permettre l'acquisition des connaissances fondamentales et les différentes applications pratiques en Stratigraphie.
- Apprendre la démarche de découpage stratigraphique d'une série sédimentaire à l'affleurement.
- Reconnaître la chronologie des événements géologiques dans une région donnée.
- Comprendre les méthodes stratigraphiques et leur application aux bassins sédimentaires.
- Reconstituer l'évolution paléogéographique d'un bassin sédimentaire et définir la géométrie et les facteurs de contrôle.

Contenu du module :

Cours (30h) :

1ère Partie : Méthodes stratigraphiques

- Définition, Méthodes, Objectifs et Principes de la Stratigraphie
- Fondement de la Stratigraphie (notions d'espace et du temps, échelle ….)
- Les méthodes stratigraphiques :
  - Lithostratigraphie (stratification, unités lithostratégraphiques, loi des corrélations des facies, analyse séquentielle, stratigraphie séquentielle)
  - Biostratigraphie (macro et microfossiles, apparition et évolution en fonction du temps, unités biostratigraphiques, biozones (en évitant la redondance avec le deuxième chapitre de M22))
  - Chronostratographie_(unités chronostratigraphiques et géochronologiques, notion de stratotype)
  - Rapport entre lithostratigraphie, biostratigraphie et chronostratigraphie
  - Méthodes physiques et Pétrographiques
    - Marqueurs magmatiques
    - Stratigraphie isotopique(Radiochronologie)
    - Magnétostratigraphie
    - Méthodes géophysiques et diagraphiques appliquées à la stratigraphie

2ère Partie : Reconstitution paléogéographique

- Reconstitution paléogéographique et facteurs de contrôle
- Rappels sur les différents des milieux de dépôt
- Détermination de la profondeur des milieux de dépôt : cartes d'isopaque et d'isobathes
- Contexte tectonique stable et instable
- Subsidence (origine, cause et conséquences)
- Contexte eustatique
- Contexte paléoclimatique (utilisation des méthodes isotopiques ; δO^{18} C^{13}

Travaux dirigés (12h = 8 séances x 1,5) :

- Illustration et compréhension des événements stratigraphiques traités au cours (chaque méthode de stratigraphie traitée en cours fera l'objet d'une séance de TD)
- Application des acquis du cours à des cas concrets et bien choisie à l'échelle du Maroc et autres régions.
- Découpage biostratigraphique, lithostratigraphique et séquentiel
- Reconstitution paléogéographique

Activités de terrain (6h)

Apprendre les méthodologies d'investigation stratigraphique sur le terrain.

M25: Géo-Informatique (Cours : 08h, TP : 40h)

Pré-requis :

- Notions de base en informatique et une bonne manipulation de l'ordinateur
- Tous les enseignements doivent se faire dans une salle équipée d'ordinateurs à raison de deux étudiants par ordinateur au maximum.
- Ne devront être prévues dans l'emploi du temps que des séances de 3 heures au moins.

Objectifs du module :

Par ce module, l'étudiant sera amené à:

- Acquérir les principes fondamentaux des systèmes d'informations géographiques et de la cartographie numérique ;
- Comprendre la notion d'information géographique par l'utilisation d'un logiciel SIG ;
- Etre capable, à l'issue de cette formation, de mener un bien un mini projet SIG

Contenu du module :

Cours (8h):

I. Notions d'image numérique

- Définition d'une image
- Résolution d'une image numérique
- Relations entre résolution, définition et taille d'une image
- Modes colorimétriques des images numériques
- Poids d'une image
- Formats de compression des images numériques

II. Les systèmes de référence spatiale

- Notion de géoïde, d'ellipsoïde et de Datum
- Les systèmes des coordonnées géographiques
- Les systèmes des coordonnées projetées
- Les systèmes des références spatiales en vigueur au Maroc
- Détermination des coordonnées géographiques d'un point sur le globe terrestre
- Lecture des cordonnées géographiques et projetées à partir d'une carte topographique
- Les GPS et leur utilisation avec des exemples d'application

III. Les systèmes d'informations géographiques

- Définitions
- Notions de l'information géographique
- Différents types de représentation des données géographiques dans un SIG
- Organisation des données dans un SIG

Travaux pratiques (40h) :

I. Pour les images numériques

1- Relations entre résolution, définition et taille d'une image numérique
2- Codages colorimétriques et poids des images numériques.

II. Pour les Systèmes d'Informations Géographiques

1- Description de l'interface du logiciel SIG utilisé et de ses principales barres d'outils ; Ajout des données vectorielles et rasters ; Manipulation des données (Ordre d'affichage, cadrage, zoom, échelle…)…

2- La symbologie des couches vectorielles : les différents types de symboles spécifiques à chacune des géométries des couches vectorielles; les différentes façons d'affecter une symbologie à une couche vectorielle ; enregistrement de la symbologie d'une couche…
3- Les tables attributaires des couches vectorielles : visualisation, description et manipulation ; relation entre une table attributaire et sa couche vectorielle associée; ajout et suppression d'un champ; les types de contenu d'un champ (entier, nombre décimal, date, texte…); calcul automatique des valeurs et de la géométrie d'un champ…
4- Étiquetages des entités vectorielles : Étiquetage d'une entité; l'onglet « Étiquettes » des propriétés d'une couche; champs de la table attributaire utilisé pour afficher les étiquettes; opération sur les étiquettes (disposition, taille, couleur…); affichage de plusieurs étiquettes d'une même entité.
5- Mise à jour des données vectorielles et tabulaires : le Catalogue; la barre d'outils « Éditeur »; la création de nouvelles entités ponctuelles linéaires et surfaciques dans le Catalogue (Affection du nom, de la géométrie et du système de coordonnées spatiales); ouverture d'une nouvelle session de mise à jour; utilisation des différents outils de numérisation des entités (segment droit, traçage…); mise à jour des tables attributaires (ajout de nouveaux champs, saisie…).
6- Mise à jour des données vectorielles et tabulaires (suite 1).
7- Mise à jour des données vectorielles et tabulaires (suite 2).
8- Les requêtes et sélections attributaires et spatiales : les différents outils de sélection des entités géométriques; les sélections attributaires simples et avancées; les sélections selon l'emplacement; exportation et création de nouvelles couches à partir des entités sélectionnées…
9- Contrôles pratiques des connaissances acquises.
10- Le géoréférencement des images raster : définition d'une image raster (rappel de quelques notions déjà vues dans la partie du module consacrée aux images numériques); les systèmes de coordonnées spatiales (rappel des notions déjà abordées dans le cours); qu'est ce que le géoréférencement d'une carte ; la barre d'outils « Géoréférencement »; utilisation des coordonnées géographiques; utilisation des coordonnées projetées ; utilisation des éléments graphiques de l'image raster.
11- Le géoréférencement des images raster (suite.)
12- Exercice général abordant toutes les notions acquises.
13- Travail sur un mini projet SIG ou examen final

M26 : Chimie appliquée à la géologie (Cours : 22h ; TD : 10h ; TP : 6h ; AP : 6h)

Pré-requis : M5: Chimie générale

Objectifs du module

- Rendre perceptible le lien unissant l'observation à la quantification des systèmes naturels.
- Offrir à l'apprenant les outils nécessaires pour comprendre les fondements de la géochimie.
- Familiariser l'apprenant avec les relations existant entre les différentes phases solides, liquides et gazeuses et montrer comment l'étude de ces phases et de leurs textures, associées au formalisme thermodynamique, permet de remonter aux conditions de leur genèse.

Contenu du module

Cours (22h)

- Rappel de quelques bases thermodynamiques (énergie interne, entropie et enthalpie libre de Gibbs, le potentiel chimique indicateur d'équilibre).
- Diagrammes de phases et relations de phases:
  - *Définitions, notions de stabilité et d'équilibre, notions de métastabilité microstructure et relations de phases;*
  - *Système ternaire avec eutectique, système ternaire avec péritectique ;*
  - *Système binaire avec eutectique, système binaire avec solution solide ;*
  - *Diagrammes P-V-T pour les fluides : système unaire (section P-T), système binaire (sections et projections T-P-X) ;*
- La règle des phases : application, représentation graphique.
- Silicium, Fer, Oxygène et Soufre: Propriétés, tampons, comportement en fonction du milieu.
- Méthodes et techniques d'analyse physicochimique des matériaux.

Travaux Dirigés : (10h)

- Appliquer les relations de phases à l'estimation des paramètres physico-chimiques (2 séances).
- Interpréter les textures des matériaux : relations de phases et cinétique (2 séances)
- Traitement de données chimiques en relation avec des problématiques d'ordre géologique.

Travaux Pratiques (6h)

Utilisation de quelques techniques d'analyse géochimique.

Activité pratique (6h)

Visite d'unités de transformation de géomatériaux (industrie céramique, cimenterie ou plâtrerie…)

Semestre 5

M27 : Géologie du Maroc I (Cours :18h ; TP: 12h, TD : 6h, AT: 12h).

Pré-requis : DEUG STU

Objectifs du module

Les enseignements de ce module vise à donner à l'étudiant un aperçu détaillé sur les domaines de l'Anti-Atlas-Sahara et de la Meseta (aperçu sur les orogènes anciens, précambriens et paléozoïques)

Contenu du module

Cours (18h)

I. ***Introduction et rappel :*** **Typologie des bassins sédimentaires et des chaînes de montagnes (Syllabus : 3h)**
   - Notions sur la croûte terrestre et sur les marges continentales.
   - Typologie des bassins sédimentaires.
   - Typologie des chaînes de montagne.
   - Les grandes orogenèses responsables de la structuration actuelle du Maroc.

II. **Les domaines du Sahara et de l'Anti Atlas (Syllabus : 6h)**
   - Présentation géographique.
   - Le socle précambrien (Archéen, Paléoprotérozoïque et Néoprotérozoïque) du Sahara et de l'Anti-Atlas (Dorsale R'Guibat, Ouled Dlim et Anti-Atlas).
   - Le Paléozoïque et l'orogenèse hercynienne : les déformations hercyniennes dans l'Anti-Atlas et dans la chaîne des Mauritanides.
   - La couverture mésozoïque-cénozoïque : les Hamadas et les bassins côtiers de Tarfaya-Laayoune.

III. **Le domaine de la Meseta (Syllabus : 9h) :**
   - Présentation géographique.
   - Meseta occidentale, Meseta orientale. Le Précambrien et le Paléozoïque de la Meseta (les séries sédimentaires du Cambrien au Permien).
   - Les déformations hercyniennes (les principales « phases » tectoniques depuis le Dévonien supérieur jusqu'au Permien).
   - Modèles géodynamiques.
   - La couverture méso-cénozoïque (bassins des Doukkala-Chaouïa, plateau des Phosphates, Hauts Plateaux).

Travaux Dirigés (06h)

- Illustration du cours par des projections et photos de terrain.
- Commentaire de cartes géologiques et thématiques.
- Etude et commentaires de publications sur la région étudiée et sur les régions voisines.

Travaux Pratiques (12h)

TP de Cartographie dans l'Anti-Atlas et dans la Meseta.

Activité pratique (12h)

En fonction des possibilités offertes, l'activité de terrain se déroulera dans la Meseta et/ou dans l'Anti-Atlas.

M28: Géologie du Maroc II (Cours :21h ; TP: 15h, AT: 12h).

Pré-requis : DEUG STU

Objectifs du module

Les enseignements de ce module vise à donner à l'étudiant un aperçu détaillé Les domaines des Atlas et du Rif (aperçu sur les orogènes récents, tertiaires ou « alpins »). Le Quaternaire du Maroc.

Contenu du module

Cours (21h)

Chap. 1 : Les Atlas et le Rif

I. Les Atlas **(Syllabus : 7,5h)** :

A- **Présentation générale de la chaîne atlasique.**

1- Présentation géographique et géomorphologique.

2- Présentation géologique et structurale de la chaîne atlasique.

a- Le Moyen Atlas : Cadre géologique et structural.

b- Le Haut Atlas : Cadre géologique et structural.

B- Stratigraphie et évolution paléogéographique des Atlas.

1- Le socle précambrien et paléozoïque.

2- La couverture méso-cénozoïque des Atlas.

C- Evolution tectonique des Atlas.

1- Les déformations hercyniennes dans le socle des Atlas.

2- La tectonique alpine des Atlas.

a- Le rifting.

b- L'inversion tectonique et la fermeture des bassins atlasiques.

II. Le Rif **(Syllabus : 9h)** :

A- **La place du Rif dans la chaîne alpine téthysienne**.

B- **La place du Rif dans l'arc de Gibraltar** : Définition des grandes unités structurales et corrélations.

C- **Les différentes zones et unités tectoniques du Rif.** Leurs caractéristiques et leurs faciès types. Le bassin d'Alboran et les bassins d'avant-fosse.

D- Les grands traits de la paléogéographie du Rif.

E- Evolution tectonique alpine du Rif.

F- Mégastructure et évolution géodynamique du Rif dans le cadre de la Méditerranée occidentale.

Chap. 2 : Le Quaternaire du Maroc (Syllabus: 4,5h)

A- Organisation générale du Quaternaire marocain et héritages morphologiques.

B- Le Quaternaire marin.

C- Le Quaternaire continental.

D- La tectonique récente et active et risques naturels associés.

E- Les volcans quaternaires.

Travaux Pratiques (15h)

TP de Cartographie dans les Atlas et le Rif.

Activité pratique (12h)

En fonction des possibilités offertes, l'activité de terrain se déroulera sur deux jours dans le Rif et/ou dans les Atlas.

M29: Métallogénie (Cours : 20h, TD : 04h, TP: 24h)

Pré requis: Modules M14 à M17

Objectifs du module :

- acquérir les notions de base ;
- connaître les principaux types de gisements et les processus minéralisateurs qui les génèrent;
- s'initier aux techniques d'exploration et d'exploitation ;
- acquérir les méthodes d'analyses macroscopique et microscopique des minerais ;

Cours (20h)

- Généralités (définitions et classification);
- Typologies et modèles génétiques des gisements ;
- Processus de genèse et concentrations des métaux ;
- Aperçu sur les techniques d'exploration et d'exploitation ;
- Etudes de cas.

Travaux dirigés (04h)

TD1: exposé 1 ;

TD2: exposé 2.

Travaux pratiques (24h=8*3h)

- Description et critères de reconnaissance macroscopique des minerais métallifères (TP1)
- Utilisation du microscope à réflexion et critères de reconnaissance microscopique des minéraux métallifères (TP2)
- Etude métallographique des principaux minerais (TP3 et TP4)
- Examen des différentes textures et structures des minerais (TP5 et TP6)
- Associations paragenétiques et essais d'interprétation (TP7 et TP8)

M30: Hydrogéologie (Cours : 21h, TD : 06h, TP: 15h, AT : 06h)

Pré-requis : Notions de géologie, chimie, physique et de mathématiques

Objectif du module

L'objectif de ce module est de donner aux étudiants une formation théorique et pratique de base en hydrologie et en hydrogéologie. Au terme de cet enseignement, l'étudiant doit être capable de :

- ✓ Identifier des réservoirs d'eau souterraine
- ✓ Définir les modalités d'écoulement des nappes
- ✓ Caractériser sur le plan quantitatif et qualitatif de la ressource en eau
- ✓ Dépouiller et interpréter des données hydrogéologiques

Cours (21h)

- ✓ Généralités sur les ressources en eau
- ✓ Cycle de l'eau et hydroclimatologie,
- ✓ Généralités sur les ressources en eau
- ✓ Systèmes hydrologiques - Climatologie
- ✓ Hydrométrie
- ✓ Eaux souterraines
- ✓ Cartographie des aquifères
- ✓ Essais par pompage
- ✓ Hydrochimie

Travaux pratiques (15h)

- ✓ TP1: Etude des caractéristiques d'un bassin versant
- ✓ TP2: Calcul de la lame d'eau tombée sur un bassin versant
- ✓ TP3: Interprétation d'une analyse granulométrique
- ✓ TP4: Bilan hydrique fluvio-évaporométrique
- ✓ TP5: Essais de pompage en nappe captive et en nappe libre

Travaux dirigés (06h)

- ✓ TD1: Caractéristiques du sol et des roches
- ✓ TD2: Caractéristiques du bassin versant
- ✓ TD3: Problème en hydrogéologie

Activité pratique (06h)

Illustration sur le terrain des fondements hydrologiques et hydrogéologiques

M31: Géophysique (Cours : 24h, TD : 06h, TP: 12h, AT: 06h)

Pré requis: Modules M et M

Objectif du module

Par cet enseignement, on vise à donner à l'étudiant un outil puissant qui lui permettra de contribuer à la compréhension de structures profondes et d'anomalies localisées dans le sous-sol. Il permettra également l'apprentissage de l'interprétation des données géophysiques mesurées par des logiciels appropriés.

Cours (24h)

Méthodes électriques: Polarisation spontanée PS : mécanisme supposé de la PS, Prospection PS : prise des mesures, interprétation des résultats.

Méthode des résistivités DC : notion de résistivité électrique, résistivités des roches et des minéraux, Distribution du potentiel électrique dans les sols, exploration vertical du sol : les sondages électriques et techniques d'interprétation des courbes de sondages électriques, exploration horizontale du sol : les traînés électriques, configuration d'électrodes, autres applications pratiques

Méthode gravimétrique: Théorie et principes de base : lois de l'attraction universelle, potentiel et champ gravitationnels, une référence pour la terre, densité des roches, données gravimétriques, corrections et références, anomalie Bouguer, levé gravimétrique. Instrumentation, traitements, interprétation par modèle simple (sphère, cylindre horizontal, cylindre vertical, plaque mince horizontale, prisme rectangulaire) et modèle complexe, méthodes graphiques, méthode analytique. Prospection magnétiques, méthodes d'interprétation, étude de cas.

Magnétisme

Théorie : force magnétique, champ magnétique, moment magnétique, intensité de la magnétisation, susceptibilité magnétique, induction magnétique, potentiel magnétostatique, potentiel du dipôle, magnétisme de la terre, champ magnétique terrestre, origine du champ principal, classes des matériaux en fonction de leur comportement sous le champ H, propriétés magnétiques des roches, des minéraux et des matériaux. Prospection magnétiques, méthodes d'interprétation, étude de cas.

Méthodes électromagnétiques: Induction électromagnétique, classement des conducteurs, champ magnétique résultant, équations de Maxwell, champ primaire. Méthodes de prospection électromagnétiques.

Méthodes sismiques: Théorie : caractéristiques élastiques des solides, déformation en dilatation, déformation en cisaillement, notion de contrainte, relation entre contrainte et déformation, propriétés et propagation des ondes de compression et de cisaillement, types d'ondes sismiques, vitesses sismiques

Sismique réfraction et réflexion : théorie de la réflexion et la réfraction, principe et mise en oeuvre sur le terrain, matériels de prospection, réfraction et réflexion pour différents modèles du sous-sol, interprétation et corrections.

Travaux pratiques (12h)

- Interprétation des sondages électriques
- Interprétation des profils sismiques
- Interprétation et traitement des données gravimétriques

Travaux dirigés (06h)

TD1: Méthode électrique

TD2: Méthodes sismiques

TD3: Autres méthodes géophysiques

Activité de terrain (06h)

Mise en œuvre sur le terrain de la prospection géophysique

M32: Géochimie (Cours : 28h, TD : 8h, TP : 6h, AP: 6h)

Pré-requis : M17 : Chimie appliquée à la géologie, M15 : Pétrologie Magmatique, M16 : Pétrologie métamorphique.

Objectifs du module :

- L'utilisation des propriétés de certains éléments chimiques majeurs, traces et isotopiques pour une approche conceptuelle des réservoirs terrestres et l'étude de leurs interactions mutuelles.
- Application du bilan de masse aux processus de différenciation
- Comprendre et assimiler l'interaction géodynamique chimique et cycle géochimique
- Le dépouillement et l'interprétation des données géochimiques.

Contenu du module :

Cours : 28h

I- Éléments de planétologie : La Terre dans le système solaire

- La formation du système solaire
- La condensation du matériel planétaire
- La composition de la Terre et du noyau
- L'âge de la Terre
- La lune
- Mars

II- Géodynamique chimique et cycle géochimique

- Principe du bilan de masse
- Les processus de différenciation (séparation de phase et fractionnement)
- Les éléments chimiques majeurs, traces et isotopiques
- Structuration chimique de la terre : les différents réservoirs
  - La croûte continentale et océanique
  - Le manteau
  - L'exosphère
- Cycles et modèles géochimiques : les systèmes avec échange externe

Travaux Dirigés (8h) :

- Cristallisation fractionnée : Application de la loi de Rayleigh
- Bilan de masse (*exemple du silicium*) : Application aux systèmes avec échange externe
- Domaines d'application des diagrammes de phases
- Quantification de l'altération : cas d'un granite en milieu tempéré

Travaux Pratiques (6h) :

- Apport de la prospection sol dans la définition des anomalies géochimiques.
- Discrimination des lignées géochimiques par les éléments traces et Terres rares.

Activités pratiques (6h):

Dans la limite des possibilités, organiser une visite d'un centre d'analyse géochimique (mines ou unités industrielles (cimenterie)) pour s'enquérir des différentes méthodes analytiques qui y sont pratiquées et les objectifs attendus des données chimiques en terme d'exploitation minière et/ou de qualité du produit fini.